

城市轨道交通中高速磁浮牵引控制系统网络结构的研究

吕洲 许义景 王威

中车电力机车研究所时代电气有限公司

摘要: 磁浮技术在轨道交通系统中得到了发展,为旅客确定了有效的改善出行方式。根据上海磁浮线路示范线运行文件和变流器发展研制成果,磁浮列车牵引控制系统具有设计改进空间和更多新技术的应用。本文设计了高速磁浮列车牵引控制系统网络的新结构,采用新的通信网络传输主要的数据流,包括控制命令和诊断信息的传输等。牵引控制系统网络主要由连接子控制单元和子系统的光通信网络组成。

关键词: 城市轨道交通; 电力机车; 牵引控制系统网

一、引言

高速磁浮牵引系统并不在车辆上,而是沿轨道布置。它是一个同步长定子直线牵引系统。直线电机的概念可以理解为将旋转电机从轴向切开并沿纵向展开得到。利用变流器给直线电机供电,长定子段产生行波磁场,产生牵引力,驱动磁浮列车沿着轨道上行驶。通过调节直线电机定子段上电压电流的幅值、相角和频率,实现列车牵引控制的目的。高速磁浮牵引系统主要由长定子电机、牵引控制系统、牵引供电系统、变流器和馈线电缆构成。为了能够连续牵引列车,通常将多个定子段进行适当的拼接,这些馈线电缆系统相互分开,可以同时从多个变流器向定子段供电,以提供列车高速运行时所需的足够的能量。牵引控制系统作为牵引系统的控制部件,实现列车牵引控制系统根据列车运行控制系统的指令,对变流器单元的输出电压和电流的幅值、频率与相位进行实时控制。通过馈电电缆、沿线的定子开关站分段地对磁浮列车所在的定子段提供牵引电能,完成对列车牵引、制动、实时监控、保护等。牵引控制系统主要需完成资源与运行模式管理、自动运行与曲线计算、牵引电机控制、牵引变流器控制、定子开关站控制等功能。

二、牵引控制系统网络架构

(一) 控制主干网

每一个牵引分区包括两个电机控制单元(MCU),被用来负责牵引系统的管理、控制和指引许可车辆驶入该牵引分区。两个控制单元互为冗余,分别位于两个最大间隔为50km的牵引变电站中。在车辆运行的任意时间内,一个牵引控制单元为主控单元,另一个控制单元为从控。由主控电机控制单元对牵引变电站中配置的变流器控制单元发送控制指令,变流器控制单元在同一时间内只执行一个MCU即主控MCU的命令,对从MCU的命令只进行存储。

牵引控制系统控制的环网单元包括上下行两个牵引分区,以及这两个牵引分区所辖范围内的相邻牵引变电站内的电机控制单元和变流器控制单元。环网控制单元的结构具有模块化的特性,在工程化硬件和软件上具有可复制性和延展性,降低了工程实施的复杂程度。

(二) 定子开关站控制环网

定子开关站控制环网用于在电机控制单元(MCU)和定子开关站控制单元(SSC)之间传输数据,主要传输控制信号以及控制所需采集的信息。环网采用单模玻璃光纤、以太网(UDP)协议,冗余双环网络结构,综合考虑经济性,环网设计为网络冗余、设备冗余方式。在每个牵引分区内,共有两套轨旁控制网络,如若一条网络故障,另一条将会被启用。电机控制单元(MCU)根据列车位置、列车速度、线路数据,选择

合适的换步时机,控制牵引电制动力上升及下降,控制轨道沿线定子开关站开关动作,实现对长定子直线电机换步控制,由沿线定子段交替驱动列车平稳运行。

此网络采用混联的方式进行组网,单个环网采用串联的方式组网,单台光电交换机可靠性为0.9964,根据600公里高速磁浮线路条件,每个牵引分区50km,按照最大定子段长度为1.2km,最多应设置40个定子开关站,单环网络包含光电通讯设备约为40台,单个光纤环网可靠性为:

$$R_x = R_1 * R_2 * R_3 \dots$$

$$R_{\text{单}} = 0.99^{40} = 0.866$$

因为是环网连接,按照环网机制当出现任意一点断开,环网可自动连接至另一端,此机制提高网络可靠性,按照做并联处理。

$$R_{\text{单}} = 1 - (1 - R_1) * (1 - R_2) \approx 0.98$$

双环网构成并联的方式,则整个系统可靠性为:

$$R_{\text{并}} = 1 - (1 - R_1) * (1 - R_2) \dots$$

$$R_{\text{并}} = 1 - (1 - 0.98) * (1 - 0.98) \approx 0.9996$$

初步计算整个系统可靠性满足要求。

(三) 变流器内部通讯网络

变流器内部通讯网络:变流器控制单元(CCU)下层有输入开关柜控制单元(ISGC)和输出开关柜控制单元(OSGC),它们统称为变流器外围控制单元。其中OSGC与输出开关柜放在一起,ISGC与输入开关柜放在一起。变流器内部通讯网络主要负责控制信号量,系统中各个开关状态量和控制所需监控的模拟量的传输,断路器或接触器合/分闸控制信号采用硬线控制,以保证设备状态信号采用光纤通讯传递。ISGC与OSGC通过光电转换器与CCU进行连接,使用光纤传递。此种设置是为了提高变流器控制单元对变流器保护的及时性和可靠性。

(四) 同步时钟网络

同步时钟网络为牵引控制系统提供ns级同步时钟信号。中央控制室时钟源设备统一授时,牵引变电所内时钟设备通过接受GPS/北斗卫星外部时间同步信号,同步本地高稳定性时钟源,为分站内部各终端协调器和终端设备(MCU、CCU等)提供统一的时间和频率信号;在无外时信号时,可自行产生内部各设备所需的频率标识和B编码时间信号(简称内时统信号)。

同步时钟网络的主要功能如下:可接收GPS/北斗卫星授时定位信息;向分站内各终端协调器提供PTP协议(符合RFC1588)千兆以太网;设备在卫星信号丢失时,具备时间守时功能,以便继续对外提供精确时间。

三、结论

随着通信技术的发展,多网络融合将成为通信系统组网的趋势。目前在光纤设备组网系统中,存在着同步时钟授时技术,可通过光纤网络直接将时钟信号传递给终端,可在以后进行进一步验证。诊断网络和定子开关站环网在未来可进一步考虑网络融合,以便降低成本。网络融合也会带来系统可靠性降低,并对传输设备要求增高。这是未来要面临新的挑战。

参考文献

[1] 刘金鑫,葛琼璇.双端供电模式下高速磁浮列车牵引控制策略研究[J] 电工电能新技术,2015,6(6):16-21.